鋼コンクリート境界部の経時的な腐食特性に関する基礎的研究

岐阜大学	学生員	細見	直史	岐阜大学	正会員	貝沼	重信
名古屋大学	正会員	金	仁泰	名古屋大学	フェロー	伊藤	義人

1.はじめに 下路トラス橋において,斜材がコンクリート床版との境界部で破断した事例が報告されている.この損傷の主原因は,雨水や凍結防止剤などが境界部に停滞したことによる局部腐食であるものと考えられる.同種の部位は,波形鋼板ウェブ橋のウェブとコンクリート下フランジの境界部にも用いられており,今後,この部位にトラス橋と同様な損傷が生じることが懸念される.そこで,本研究では鋼コンクリート境界部の経時的な腐食特性を明らかにすることを目的として,鋼板にコンクリートを巻き立てた試験体の長期的な腐食促進試験を行った. 2.試験体 試験体には板厚9mmのSM490材を用いた.試験体の形状および寸法を図1に示す.試験体は無塗装のJIS 1A 号試験片の中央から下側に100×90×60mmのコンクリートを巻き立てることで製作した.コンクリートの上面部以外は塩水の浸透を防止するため,シリコン樹脂によりコーティングした.なお,鋼板部については,その表面粗さが実構造部材と同程度の約70µmとなるように,グリットブラスト処理を施した.



<u>3.試験方法</u> 腐食促進試験は,塩水噴霧複合サイクル試験機に20体の試験体を鉛直方向に対して約15度傾けて 設置することで行った¹⁾.腐食条件には,図2に示すS6-cycleを用いた.腐食サイクル数は600~2400cycle(600cycle 毎)とした.この腐食サイクルにより試験体に生成されたさびには,X線回折による成分分析から塩化物イオンが問 題となる環境特有の緻密性や安定性に劣る -FeOOH さびが最も多く含まれていることを確認している.なお, S6-1000cycleは海浜・海岸地域(飛来塩分量:0.3mdd)における13年程度の大気暴露試験期間に相当するものと考 えられる²⁾.

腐食促進試験終了後,コンクリートを除去することで境界内部への腐食進入状況の観察を行った.次に,試験体 をクエン酸ニアンモニウムとチオ尿素の混合溶液中で数時間煮沸し,ブラッシングすることで,試験体に生成され たさびを完全に除去した.その後,試験体の境界部以外の板厚をデジタルマイクロメータにより計9点測定した. また,試験体の表面性状はレーザーフォーカス深度計(分解能:0.1µm)により測定した.その測定範囲は,鋼コン クリートの境界線から上部に100mm,内部に20mmとした.なお,測定ピッチは腐食ピットの寸法および測定時間 を考慮して100×100µmとした.

<u>4.試験結果</u> S6-600cycle および 2400cycle 後の鋼コンクリート境界部の腐食状況を図 3(a)に示す.S6-600cycle では,試験体表面は赤褐色の粗いさび層で覆われ,全面腐食が均一に生じていた.このさびが S6-1200cycle では表面からところどころ剥離していた.また,その剥離さびの下層には黒赤褐色のさびが生成されていた.なお,境界部にはさびこぶが生じていた.S6-1800cycle 以降では,試験体表面のほぼ全面から生成されたさびが剥離しており,コンクリートの上面に剥離さびが堆積していた.また,境界部のさびこぶも袋状に大きく成長していた.

コンクリート除去後の境界内部には,S6-600cycle で試験体数5体のうち2体,S6-1200cycle 以降は全試験体にさびが発生していた.境界内部への腐食進入状況を図-3(b)に示す.境界線からコンクリート内部にほぼ平均的に腐食が進入していた試験体は9体あった.それ以外の試験体については,平均的に腐食が進入していなかった.

腐食サイクル数 n_cと腐食進入深さ d_Pの関係を図 4 に示す .S6-1200cycle 以降 ,n_cによらず d_{P,max}(最大値)と d_{P,mean}(平均値)はともに増加していない .また $d_{P,max}$ はその進入深さにはらつきがあるものの 10mm 程度となっている. なお,最大の腐食進入深さは 17mm (S6-1200cycle)であった.境界内部への腐食進入深さは, n_cが増しても増加する傾向にない.さび除去後の試験体の表面性状については,腐食サイクルが増すにしたがって,腐食孔の数や孔食の深さが増加する傾向にあった.S6-600cycle では 5 体中の 2 体の境界部に局所的な腐食孔が生じていたが,残りの3 体には生じていなかった.S6-1200cycle 以降については,全試験体の境界線近傍に局部的な腐食孔が発生し,600cycle 以降では全面腐食から境界部の局部腐食に移行したものと考えられる.

腐食進入深さ d と測定ピッチ毎の板幅方向における平均板厚減少量 t_dを図 5 に示す.ここでは S6-600cycle および 2400cycle について示す.S6-600cycle では局部腐食が生じた試験体の境界部に約 700 µ mの腐食孔が生じていた.S6-

キーワード 鋼,コンクリート,境界部,腐食促進試験 連絡先 〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL 058-293-2402



2400cycle については,境界部に腐食孔が集中しており,その腐食深さが最も大きい試験体では,d は約 2400 µ mであった.また,境界内部の板厚については,ほとんど減少しておらず,外部の板厚減少量の 5%以下であった.板幅方向の平均板厚減少量 t_dは,腐食サイクル数によらず全試験体において境界線から約 20mm の範囲内で最も大きくなっていた.その最大および全断面平均の平均板厚減少量を図-6 に示す.図中に示す実線はそれぞれ回帰直線であり,の値は t_dの傾きに対する t_{d,max} と t_{d,mean}の傾きの比を示している.S6-600cycle では,t_d,t_{d,max} および t_{d,mean}がほぼ等しいため全面腐食と言える.S6-1200cycle 以降については,境界部の平均板厚減少量 t_{d,max} は,全面腐食による平均板厚減少量 t_dの約 4 倍大きくなっており,境界部の局部腐食が著しく進行している.しかし,この境界部の局部腐食を含む全断面の平均板厚減少量 t_{d,mean}は,t_dの1.4 倍程度である.これは境界部における局部腐食が境界線から約 20mmに限定されており,その腐食領域が測定領域(測定範囲 100mm)に対して小さいためである.

次に,最大平均板厚減少量 t_{d,max} とその発生位置との関係を図7に示す.発生位置は境界線からの距離Xを用いて 示す 図中に示す*印は 境界線近傍以外に大きな腐食孔が生じた試験体を示している S6-1200cycle および1800cycle では,境界腐食以外の腐食孔の影響により大きくばらついている.しかし,腐食サイクル数が増すにしたがって, 局部腐食による t_{d,max}が大きくなり 境界部の局部腐食の発生位置は境界線から約5mm上部に収束する傾向にある.

最大腐食孔深さ d_{max} の経時的変化を図-8 に示す.図中に示す実線は境界部に生じた最大腐食孔深さ d_{max} の n_c に対 する回帰直線を示している.一般部に生じた最大腐食孔の深さは,S6-1200cycle 以降進行していない.しかし,境 界部については n_cの増加とともに d_{max} は線形的に成長し,図-6 に示した t_{dg} の約 10 倍となっている. <u>5.まとめ</u>(1)鋼コンクリート境界部の腐食は,S6-600cycle 以降で全面腐食から境界部が局所的に腐食する局 部腐食に移行した.(2)境界内部にも腐食が進入するが,その進入深さは平均で 10mm 程度であった.(3)境界部 の平均板厚減少量は,全面腐食による平均板厚減少量の約 4 倍となった.その発生位置は境界線から約 5mm上部 に収束する傾向にあった.(4)境界部の最大腐食孔深さは,全面腐食による平均板厚減少量の約 10 倍となった. **参考文献**) 伊藤義人,岩田厚可,見沼重信:鋼材の腐食耐久性評価のための環境促進実験とその促進倍率に関する基礎的研究,構造工学論文集,Vol.48A, pp.1021-1029,2002.,2)見沼重信,細見直史,金仁泰,伊藤義人,柿木信宏:面外ガセット溶接継手の腐食特性と疲労挙動に関する基礎的研究,構造工学論文集,Vol.48A, Vol.49A, pp.707-715,2003.